

ROTATION DETECTING APPARATUS

Publication number: JP2003083769

Publication date: 2003-03-19

Inventor: MORISHITA AKIHIRA

Applicant: TOSHIBA ELEVATOR CO LTD

Classification:

- international: G01P3/46; B66B1/34; G01D5/244; G01D5/245; G01P3/48; G01P3/489; H02K11/00; H02K24/00; H02K29/06; H02K29/14; H02P6/10; H02K29/03; B66B1/34; G01D5/12; G01P3/42; H02K11/00; H02K24/00; H02K29/06; H02K29/14; H02P6/08; H02K29/03; (IPC1-7): G01D5/245; G01P3/46; H02K24/00

- european: B66B1/34F; G01P3/48; G01P3/489; H02K11/00; H02K29/06; H02K29/14; H02P6/10

Application number: JP20010280030 20010914

Priority number(s): JP20010280030 20010914

Also published as:

EP1426736 (A1)
WO03025516 (A1)
US7054783 (B2)
US2005033547 (A1)
CN1554012 (A)

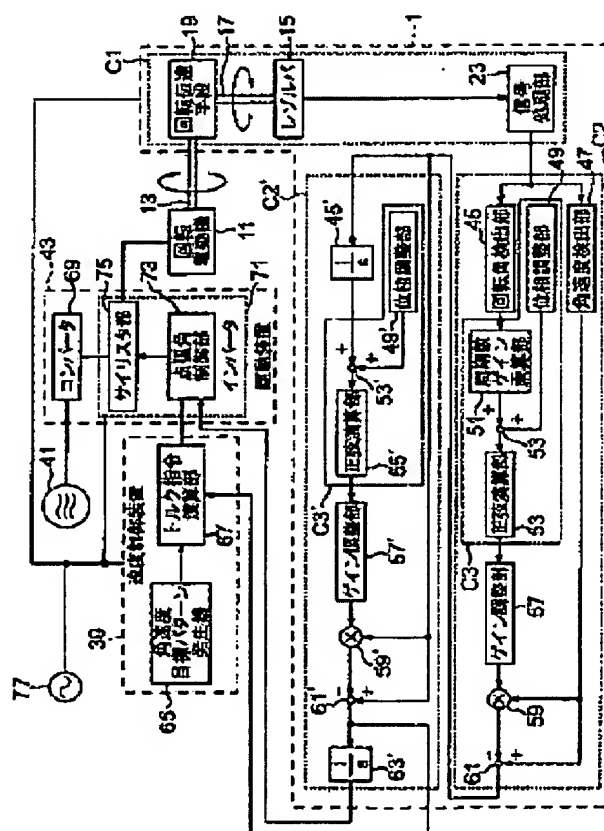
more >>

Report a data error here

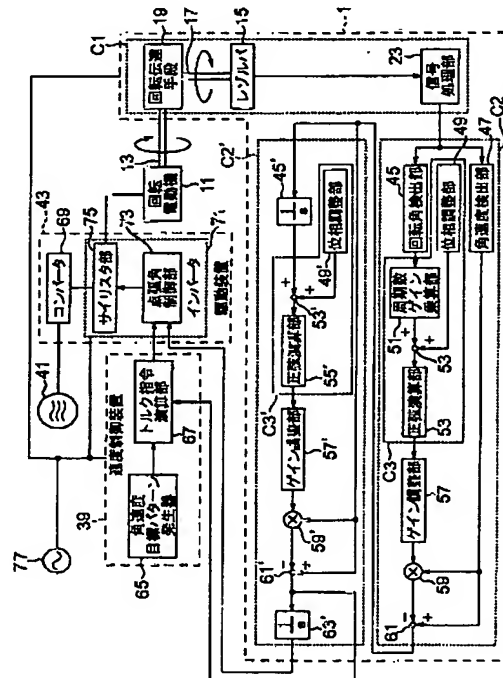
Abstract of JP2003083769

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rotation detecting apparatus capable of easily and substantially reducing output ripples.

SOLUTION: An output signal of a rotation detecting means (C1) is converted into an angle of rotation and an angular velocity at a rotation angle detecting part (45) and an angular velocity detecting part (47). A ripple frequency per one rotation of the angle of rotation is multiplied by the angle of rotation at a frequency gain control part (51). An angle obtained by adding a predetermined phase angle from a phase control part (49) to this is multiplied by the angular velocity via a sine operation part (55) for outputting its sine value and a gain control part (57) for multiplying the output of the sine operation part (55) by a predetermined gain. The result of operation at a multiplier (59) is subtracted from the angular velocity to obtain an angular velocity signal at a subtracter (61).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



【特許請求の範囲】

【請求項1】回転体の回転運動を検出する回転検出手段と、前記回転検出手段の出力に基づき前記回転体の回転角を検出する回転角検出部および前記回転体の角速度を検出する角速度検出部を含む回転演算手段とを備える回転検出装置において、前記回転演算手段は、前記回転角検出部によって検出された回転角の正弦値を演算する三角関数演算部と、前記三角関数演算部によって算出された正弦値に所定のゲインを乗じるゲイン調整部と、前記ゲイン調整部の出力に前記角速度検出部の出力を乗じる乗算部と、前記角速度検出部の出力から前記乗算部の出力を減じて角速度信号とする減算部とを備えていることを特徴とする回転検出装置。

【請求項2】前記三角関数演算部は、前記回転角検出部によって検出された回転角の位相を調整する位相調整手段を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項3】前記回転検出手段は、前記回転体の回転角に応じた出力を生じるレゾルバを備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項4】前記回転検出手段は、前記回転体の角速度に応じた電圧を出力する発電機を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項5】前記回転検出手段は、前記回転体の回転角に応じた出力を生じるエンコーダを備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項6】前記回転検出手段は、前記回転演算手段から離隔して配置されていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項7】前記回転検出手段は前記回転演算手段を内包していることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項8】前記回転演算手段は、前記角速度のリップル成分を低減する手段を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項9】前記回転演算手段は、前記回転角を θ 、前記角速度を ω 、前記ゲイン調整部のゲインを G 、前記位相調整部の調整位相値を Ψ 、前記回転体1回転当たりの前記回転角検出部の出力に含まれるリップル周期数を n として、

$$\omega_{out} = \omega (1 - G \cdot \sin(n\theta + \Psi))$$

として得られる角速度 ω_{out} を演算することを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項10】前記回転演算手段は、前記回転角のリップル成分を低減する手段を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項11】前記回転角検出部は、前記角速度検出部の出力を積分して回転角を得る積分器を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項12】前記回転演算手段が前記角速度出力 ω

を積分する積分器を備えていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項13】前記回転演算手段は、前記回転角のリップル成分を低減した回転角信号および前記角速度のリップル成分を低減した角速度信号を出力することを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項14】前記回転演算手段は、複数段直列に設けられていることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【請求項15】前記位相調整部は複数の調整位相値を有し、前記回転体のトルクの符号に応じて前記複数の調整位相値のうち一つを選択的に出力することを特徴とする請求項2記載の回転検出装置。

【請求項16】前記ゲイン調整部は、前記回転体の回転子回転軸に作用する重力方向の外力に応じて前記所定のゲインを変動させることを特徴とする請求項1記載の回転検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、出力信号に内在するリップル成分を低減させることにより回転機等のトルクリップルを低減することができる回転検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】モータの出力トルクには一般にリップルが存在する。このトルクリップルはサーボモータの速度むらや位置誤差の要因となるため、たとえばNC（数値制御）装置においては加工精度を悪化させる原因となり、エレベータにおいては乗りかごが加振され乗り心地を損なわせる要因となっている。

【0003】この種のトルクリップルを検出する場合、得られるトルクリップルには、減速機を含むモータ本体に起因する内的なもの、回転検出センサに起因して外的に発生するものがある。前者はモータ固定子と回転子の工作精度や回転子軸受けの偏心、モータ内部の磁界の高調波および減速機の組立て精度に起因している。前者のトルクリップルの低減方法は従来から種々検討され提案されており、たとえば、特開平7-129251号公報に見られるように、減速機の発生するトルクリップルに着目してトルクリップル調整ゲインを A 、減速機の回転角を θ 、初期位相を α_1 として、補正信号 $T_{comp} (= A \cdot \sin(\theta + \alpha_1))$ を演算し、モータの回転周期に同期させてフィードフォワード的に目標トルク指令に加算してトルクリップルを打ち消す方法や、特開平11-299277号公報に見られるように、トルクリップルがモータの回転角と相関性を持つことからこの相関関係を記憶装置に記憶させ、モータ回転角に基づいてこれと対応するトルクリップルデータを読み出し、トルク指令値からリップル分を差し引いたものを新たなトルク指令値とする方法等がある。

【0004】一方、後者の回転検出センサに起因するトルクリップルは結果的にモータトルクリップルとして現れるため、モータの制御装置に上述のような制御方法を適用してリップルを低減することにより問題とならないことが多い。しかし、回転検出センサの出力値に検出対象の回転角に起因するリップルが含まれると、リップルの振幅が検出対象の角速度に比例して大きくなるため、モータのトルクや回転速度を制御する際に角速度フィードバックゲインを大きくすることができないという問題が生じ、制御装置に多大な負担がかかるばかりでなく、装置コストの上昇を招いていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の回転検出装置にあっては、その出力にリップルが含まれていても回転検出装置が装備される回転機のトルクリップルや速度むらとなって顕在化しないよう回転機の駆動装置や制御装置内で種々の制御方式が適用されていた。このため、回転機の駆動装置や制御装置が複雑になり信頼性の低下やコストの上昇を招くという問題があった。しかも、電動機のトルクリップルには、回転検出装置出力のリップルのほかにも、減速機の組立て精度やモータ本体の工作精度、磁界の高調波等の要因もあり、回転検出装置出力のリップルはこれら要因の特定を困難にするものであり、センサとしての機能を十分に果たしているとは言えない状況にあった。

【0006】本発明は、かかる事情に基づきなされたもので、その目的とするところは、出力リップルを低減し、回転検出装置が装備される回転機等のアクチュエータのトルクリップルや速度むらの削減、アクチュエータ駆動装置や制御装置の簡素化、コストの低減化および信頼性を向上させることができる回転検出装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、回転体の回転運動を検出する回転検出手段と、回転検出手段の出力に基づき回転体の回転角を検出する回転角検出部および回転体の角速度を検出する角速度検出部を含む回転演算手段とを備える

$$\omega_{ut} = \omega (1 - G \cdot \sin(n\theta + \Psi)) \quad \dots (1)$$

として得られる角速度 ω_{ut} を演算することを特徴とする。

【0015】請求項10に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転演算手段が、回転角のリップル成分を低減する手段を備えていることを特徴とする。

【0016】請求項11に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転角検出部が、角速度検出部の出力を積分して回転角を得る積分器を備えていることを特徴とする。

【0017】請求項12に係る発明は、請求項1記載の

回転検出装置において、回転演算手段は、回転角検出部によって検出された回転角の正弦値を演算する三角関数演算部と、三角関数演算部によって算出された正弦値に所定のゲインを乗じるゲイン調整部と、ゲイン調整部の出力に角速度検出部の出力を乗じる乗算部と、角速度検出部の出力から乗算部の出力を減じて角速度信号とする減算部とを備えていることを特徴とする。

【0008】請求項2に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、三角関数演算部が、回転角検出部によって検出された回転角の位相を調整する位相調整手段を備えていることを特徴とする。

【0009】請求項3に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転検出手段が、回転体の回転角に応じた出力を生じるレゾルバを備えていることを特徴とする。

【0010】請求項4に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転検出手段が、回転体の角速度に応じた電圧を出力する発電機を備えていることを特徴とする。

【0011】請求項5に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転検出手段が、回転体の回転角に応じた出力を生じるエンコーダを備えていることを特徴とする。

【0012】請求項6に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転検出手段が、回転演算手段から離隔して配置されていることを特徴とする。

【0013】請求項7に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転検出手段が回転演算手段を内包していることを特徴とする。

【0014】請求項8に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転演算手段が、角速度のリップル成分を低減する手段を備えていることを特徴とする。請求項9に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転演算手段が、回転角を θ 、角速度を ω 、ゲイン調整部のゲインを G 、位相調整部の調整位相値を Ψ 、回転体1回転当たりの回転角検出部の出力に含まれるリップル周期数を n として、

回転検出装置において、回転演算手段が角速度出力 ω_{ut} を積分する積分器を備えていることを特徴とする。

【0018】請求項13に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転演算手段が、回転角のリップル成分を低減した回転角信号および角速度のリップル成分を低減した角速度信号を出力することを特徴とする。

【0019】請求項14に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、回転演算手段が、複数段直列に設けられていることを特徴とする。

【0020】請求項15に係る発明は、請求項2記載の回転検出装置において、位相調整部が複数の調整位相値を有し、回転体のトルクの符号に応じて複数の調整位相値のうち一つを選択的に出力することを特徴とする。

【0021】請求項16に係る発明は、請求項1記載の回転検出装置において、ゲイン調整部が、回転体の回転子回転軸に作用する重力方向の外力に応じて所定のゲインを変動させることを特徴とする。

【0022】＜発明の原理＞本発明は回転検出手段の出力に含まれるリップル成分、特に測定対象物の回転周期

$$\theta = \theta_0 - a \cdot \cos(n\theta_0 + \phi) \quad \dots (2)$$

ただし、nは検出対象1回転当たりのリップル周期数、 ϕ は回転検出対象に回転検出手段を取付ける際の初期位相差である。

【0024】ここで本発明では、たとえば角速度検出部

$$\omega = d\theta_0 / dt (1 + a \cdot n \cdot \sin(n\theta_0 + \phi)) \quad \dots (3)$$

回転演算手段が、たとえば式(1)に基づいて当該手段の出力 ω_{out} を演算するとすれば、出力 ω_{out} は、

$$\begin{aligned} \omega_{out} = & d\theta_0 / dt (1 - G \cdot \sin(\Psi - a \cdot n \cdot \cos(n\theta_0 + \phi) + n\theta_0) \\ & + a \cdot n \cdot \sin(n\theta_0 + \phi) \\ & - a \cdot n \cdot G \cdot \sin(\Psi - a \cdot n \cdot \cos(n\theta_0 + \phi) \\ & + n\theta_0) \sin(n\theta_0 + \phi)) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

と表されることになる。ここで、 $d\theta_0 / dt$ は検出対象の角速度である。

【0026】式(4)は、リップルの振幅が一般に小さ

$$\begin{aligned} \omega_{out} = & d\theta_0 / dt (1 - G \cdot \sin(\Psi + n\theta_0) \\ & + a \cdot n \cdot G \cdot \cos(\Psi + n\theta_0) \cos(n\theta_0 + \phi) \\ & + a \cdot n \cdot \sin(n\theta_0 + \phi) \\ & - a \cdot n \cdot G \cdot \sin(\Psi - a \cdot n \cdot \cos(n\theta_0 + \phi) \\ & + n\theta_0) \sin(n\theta_0 + \phi)) \quad \dots (5) \end{aligned}$$

となる。さらに、 $a \cdot G = 0$ とみなせば、

$$\begin{aligned} \omega_{out} = & d\theta_0 / dt (1 - G \cdot \sin(n\theta_0 + \Psi) \\ & + a \cdot n \cdot \sin(n\theta_0 + \phi)) \quad \dots (6) \end{aligned}$$

を得る。式(6)は、式(1)においてゲインGをリップル含有率 $a \cdot n$ に等しく設定し、かつ調整位相 Ψ を初期位相差 ϕ に等しく設定できれば、回転演算手段の出力 ω_{out} が検出対象の角速度 $d\theta_0 / dt$ と等しくなることを示しており、回転角検出手段の出力に含まれていたり

$$\begin{aligned} e_{rr} = & \omega - d\theta_0 / dt \\ = & (a \cdot n \cdot \sin(n\theta_0 + \phi) - G \cdot \sin(n\theta_0 + \Psi)) d\theta_0 / dt \quad \dots (7) \end{aligned}$$

となる。

【0028】式(7)を展開整理すると、

に依存して出現するリップル成分を効果的に除去することができる。そして、当該回転検出手段の出力が複数のリップル成分を持つ場合にはそれぞれのリップルに対応する回転演算手段を複数個設けることですべてのリップル成分を効果的に低減することが可能である。すなわち、検出対象の回転角を θ_0 とすれば、振幅aのリップルを持つ回転検出手段の出力は回転角検出部により次式の回転角出力 θ に変換される。

【0023】

で回転角出力 θ を時間微分して次式の角速度出力 ω を得る。

【0025】

式(1)に式(2)および式(3)を代入して、

く、 $a \ll 1$ とみなせることから、三角関数を角度ゼロの近傍で線形近似して展開すると、

リップル成分を除去することができることを示している。

【0027】さらにまた、回転演算手段の出力 ω_{out} と検出対象の角速度 $d\theta_0 / dt$ との間の誤差 e_{rr} は式(6)から、

【数1】

$$e_r = d\theta/dt \sqrt{(a^2 n^2 + G^2 - 2anG \cos(\psi - \phi))} \times \sin\left(n\theta_0 + \phi - \tan^{-1} \frac{G \sin(\psi - \phi)}{an - G \cos(\psi - \phi)}\right) \dots (8)$$

を得る。

【0029】誤差 e_r の振幅は、たとえば $0 \sim 2an$ の範囲のゲイン G および、 $-\pi + \phi \sim \pi + \phi$ の範囲の調整位相 ψ に対して極小値がゼロとなる唯一の極小点を持つ凹形関数となるため適当な値の G や ψ から出発して簡単に最小値ゼロを探し当てることができる。また、リップル含有率 an や初期位相 ϕ が既知の場合には G や ψ を当初から既知の値に設定すればよいことは言うまでもない。

【0030】このように、本発明では回転検出装置の出力リップルを低減することができ、回転検出装置の装備される回転機等のアクチュエータのトルクリップルや速度むらを低減することができる。また、式(1)の簡単な演算で出力リップルを低減することができるので、アクチュエータ駆動装置や制御装置の簡素化、コストの低減化を図ることができる。さらに、式(8)から明らかのように、誤差 e_r の振幅がゼロであれば、検出対象の回転速度のいかに係わらずリップル成分を低減させることができるので、回転検出装置の精度および信頼性の向上を図ることができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳細に説明する。

【0032】＜第1の実施の形態＞本発明の第1の実施の形態を図1ないし図7を参照して説明する。

【0033】図1および図2には、第1の実施の形態における回転検出装置が全体として符号1で示されている。この回転検出装置1は回転検出手段C1および回転演算手段C2、C2'を備えている。

【0034】本実施の形態における回転検出手段C1は検出対象としての回転電動機11の回転子回転軸13に取付けられ、回転子回転軸13の回転角に比例した電圧を出力するレゾルバ15と、レゾルバ15の図示していない回転子に直結された回転入力軸17と、回転子回転軸13に接続され回転子回転軸13の回転をレゾルバ15の回転入力軸17に伝達する回転伝達手段19とで構成されている。

【0035】回転伝達手段19は、たとえばユニバーサルジョイントやカップラーを備えており、レゾルバ15の回転入力軸17は回転子回転軸13に対して理想的には互いの軸心が一致して回転する。レゾルバ15は巻線を施された図示しない回転子および同じく巻線を備えた固定子21で構成されるとともに、回転入力軸17の所

定の原点からの回転角 $0 \sim 2\pi$ (rad) ごとに回転角に対応する電圧、たとえば $0 \sim 5$ (V) の電圧を出力する信号処理部23を備えている。レゾルバ15の固定子21は台板25上に支持部材27により所定の方法で固定されている。

【0036】検出対象である回転電動機11について説明する。回転電動機11はベース29上に載置されストッパ31によって固定されており、結果的にベース29と一体化されている。回転電動機11は回転子回転軸13のほかに、回転電動機11の固定子を内蔵する固定子ハウジング33、固定子ハウジング33の円筒底面中央部で回転子回転軸13を回転可能に支持する軸受け35、回転子回転軸13の出力端側に取付けられ回転電動機11の負荷に対して図示していない所定の方法で動力を伝達するプーリ37、回転検出装置1の出力に基づいて回転子回転軸13の回転速度を制御するためのトルク指令値を演算する速度制御装置39、三相交流電源41から電力を受けるとともに速度制御装置39の出力に基づいて回転子回転軸13にトルク指令値に等しいトルクを発生させる駆動装置43を備えている。

【0037】回転検出手段C1の出力信号は回転演算手段C2に導入される。この出力信号には、回転伝達手段19の取付け偏心誤差などで生じる回転子回転軸13の回転周期で変動する第1のリップル成分や、レゾルバ15の図示していない巻線の不均一な巻装が電磁氣的に作用して生じる回転子回転軸13の回転周期の整数倍、たとえば4倍で変動する第2のリップル成分が含まれている。これらのリップル成分を低減し、検出される回転角に正しく対応する信号を得るために回転演算手段C2、C2'が備えられている。回転演算手段C2は、信号処理部23の出力信号を回転子回転軸13の回転角信号に変換する回転角検出部45、その回転角信号を回転子回転軸13の角速度信号に変換する角速度検出部47、回転角検出部45の出力信号に対する位相角を調節するための位相調整部49、回転子回転軸13が1回転する間に回転角検出部45の出力に含まれる除去すべきリップルの周期数、たとえば4を入力信号に乗じる周期数ゲイン乗算部51、位相調整部49の出力と周期数ゲイン乗算部51の出力とを加算する加算器53、加算器53の出力を入力するとともに入力した値の正弦値を計算する正弦演算部55、正弦演算部55の出力に調整可能なゲインを乗じるゲイン調整部57、ゲイン調整部57の出力と角速度演算部47の出力とを乗算する乗算器59、

および角速度演算部47の出力から乗算器59の出力を減じる減算器61を備えている。そして、位相調整部49、周期数ゲイン乗算部51、加算器53および正弦演算部55は全体として三角関数演算部C3を構成している。

【0038】回転演算手段C2'は、回転演算手段C2の出力である角速度を積分する積分器としての回転角検出部45'、回転角検出部45'の出力に対する位相角を調節するための位相調整部49'、位相調整部49'の出力と回転角検出部45'の出力とを加算する加算器53'、加算器53'の出力を入力するとともに入力した値の正弦値を計算する正弦演算部55'、正弦演算部55'の出力に調整可能なゲインを乗じるゲイン調整部57'、ゲイン調整部57'の出力と回転演算手段C2の出力とを乗算する乗算器59'、回転演算手段C2の出力から乗算器59'の出力を減じる減算器61'、および減算器61'の出力である角速度を積分する積分器63'を備えている。なお、位相調整部49'、加算器53'および正弦演算部55'によって三角関数演算部C3'を構成している。

【0039】ここで、理解を容易にするため速度制御装置39および駆動装置43について説明する。速度制御装置39は、回転子回転軸13の角速度が追従すべき角速度目標パターンを出力する角速度目標パターン発生器65、角速度目標パターン発生器65の出力、および回転演算手段C2'が備える減算器61'の角速度出力に基づいて、回転子回転軸13の回転速度を目標パターンに追従させるためのトルク指令値を演算するトルク指令演算部67を備えている。また、駆動装置43は、三相交流電源41からの交流電力を直流電力に変換するコンバータ69、トルク指令演算部67の出力および積分器63'の出力に基づいてトルク指令値と等しいトルクを回転電動機11が発生するようにコンバータ69からの直流電力を入力として所要の三相交流電力を出力するインバータ71を備えている。ここで、インバータ71は、所定のトルクを発生させる三相交流電流を回転電動機11に供給するようにトルク指令演算部67の出力および積分器63'の出力に基づいてサイリスタ点弧角を制御する点弧角制御部73、および点弧角制御部73の出力により回転電動機11に三相交流電流を供給するサイリスタ部75を備えている。

【0040】回転検出装置1、速度制御装置39および駆動装置43において、これらの装置の動作に必要な電力は単相交流電源77から供給される。なお、以下のブロック図において、矢印線は信号経路を、また棒線は回転電動機11および回転検出装置1周辺の電力経路を示している。

【0041】次に、以上のように構成された本実施の形態に係る回転検出装置の動作について説明する。

【0042】装置が待機状態、すなわち三相交流電源4

1および単相交流電源77が投入されるとともに回転検出装置1、速度制御装置39および駆動装置43が稼動状態であるが角速度目標パターン発生器65がゼロを出力している状態のときは、回転子回転軸13は角速度ゼロの状態を維持している。やがて、角速度目標パターン発生器65がたとえば図3に示すような台形パターンを発生し目標角速度が増加し始めると、トルク指令演算部67において減算器61'から出力される現在の回転子回転軸13の角速度と目標パターン発生器65の角速度目標値に基づいて回転電動機11が発生すべきトルク指令値が演算され、その演算結果が駆動装置43に出力される。そうすると点弧角制御部73は回転電動機11が指令値どおりのトルクを発生するようにサイリスタ部75に対する点弧角を制御し、インバータ71の出力電流により回転電動機11は指令値どおりのトルクをもって所定回転速度で回転する。このようにして回転電動機11の発生トルクによりプーリ37が回転子回転軸13とともに回転を開始する。

【0043】回転子回転軸13の回転は回転伝達手段19および回転入力軸17を介してレゾルバ15に伝達され、信号処理部23では回転子回転軸13の回転角の増加に対応して出力電圧が上昇する。信号処理部23の出力電圧に基づいて、一方で回転角検出部45において回転子回転軸13の回転角が検出され、他方で角速度検出部47においてたとえば微分器等を通して角速度が検出される。この時、信号処理部23の出力電圧には上述の理由により第1のリップル成分や第2のリップル成分が含まれることになる。

【0044】回転角検出部45で得られる回転角に対して、周期数ゲイン乗算部51で回転子回転軸13の1回転当たりのリップル周期数、ここでは4が乗算され、加算器53において位相調整部49の所定の位相角との和がとられて正弦演算部55に導入され、加算器53の出力値の正弦値が演算される。正弦演算部55の出力にはゲイン調整部57で所定のゲインが乗ぜられた後、乗算器59において角速度検出部47からの角速度が乗ぜられる。乗算器59の出力は、角速度検出部47からの角速度とともに減算器61に導入され、角速度検出部47の出力から減算され、その結果が回転演算手段C2の出力となる。つまり、回転子回転軸13の回転角および角速度に対し、上述の式(1)における演算結果が角速度として回転演算手段C2から出力されることになる。したがって、回転演算手段C2から出力される角速度では第2のリップル成分が除去されている。

【0045】回転演算手段C2の角速度出力はさらに回転演算手段C2'に導入される。ここでは、積分器を備えた回転角検出部45'で角速度が積分されて回転角に変換される。一方、第1のリップル成分の初期位相角に相当する所定の位相角が位相調整部49'から出力されており、回転角検出部45'および位相調整部49'の

出力が加算器53'に導入される。ここで、回転演算手段C2では回転角検出部45'と加算器53'の間に介在した周期数ゲイン乗算部51が存在しないのは、除去すべき第1のリップル成分が回転子回転軸と同期しているためである。正弦演算部55'では、加算器53'が出力する回転角の正弦値が計算され、ゲイン調整部57'で正弦演算部55'の出力値に第1のリップル成分の振幅に相当する所定のゲインが乗算される。ゲイン調整部57'の出力は乗算器59'において回転演算手段C2から出力された角速度を乗ぜられ、減算器61'において乗算器59'の出力を引く数として回転演算手段C2から出力された角速度に関して減算が行われる。つまり、ここにおいて第1のリップル成分について式

(1)における演算結果が角速度として減算器61'から出力されることになる。したがって、減算器61'から出力される角速度では、すべてのリップル成分が除去されていることになる。減算器61'の角速度出力はそのまま回転演算手段C2'の第1の出力として速度制御装置39に導入される一方、積分器63'に導入され回転角に変換される。積分器63'の回転角出力は回転演算手段C2'の第2の出力として駆動装置43に導入される。ここで、角速度目標値の増加に伴って増大する回転子回転軸13の回転角および角速度が正確にトルク指令演算部67および点弧角制御部73に入力されることになるため、回転電動機11には角速度の増加に伴う異常振動や角速度一定時のトルクリップルが発生せず、図3に示す角速度目標パターンに良好に追従する角速度をもってプーリ37が回転する。やがて目標角速度がゼロになるとプーリ37の角速度もゼロとなり、回転電動機11は再び待機状態となる。

【0046】この場合のトルク指令演算部67のトルク指令値は図4に示す波形(図3の各速度パターンの微分値相当)となるが、従来のように回転子回転軸13の回転情報が回転検出手段C1から直に速度制御装置39に入力されると、図3の角速度の増加に伴って、図5に示すようにトルク指令にリップルが発生する。このリップルの振動数と振幅は回転子回転軸13の角速度の増加に伴って最大角速度に到達するまで増大し、やがて角速度の減少に伴って消滅する。このようにトルク指令値にゼロから最大角速度運転時の周波数に至るリップルが含まれると、回転電動機11に連結されるシステムに特定周波数の共振を励起することがある。システムに共振を励起すると回転子回転軸13が特定の角速度になるとシステムから騒音や振動が発生することになり、場合によってはシステムの破損を招くことになる。こうした現象を防止しシステムの信頼性を向上させるためには、回転電動機11を含むシステム全体の剛性を上げ、共振周波数を上昇させればよい。しかし、システムの剛性を上げるには高強度の材料や補強が必要なため、結果として回転電動機11に連結されるシステム全体のコスト上昇を招

く。しかし、本実施の形態においては、図4に示すようにトルク指令にリップルが含まれないため、上述のようなコスト上昇を招くことがない。

【0047】なお、上記の第1の実施の形態では回転検出手段がレゾルバ15を備えているが、これは回転検出手段の構成を何ら限定するものではなく、種々の変更が可能である。たとえば、回転入力軸17の角速度に比例した出力電圧が得られる発電機であっても何ら差し支えない。また、回転電動機11の回転を回転伝達手段19および回転入力軸17により伝達しているが、これは回転伝達手段19の形態や回転入力軸17の使用を何ら制限するものではなく、たとえば、図6に示すように回転子回転軸13の端部周囲に等間隔の縞模様79を形成し、信号処理部23'に含まれる光学素子81によってこれを読み取る、回転検出手段C1としての光学式エンコーダ83であったり、図7に示すように回転子回転軸13の回転を回転伝達手段としてのローラ85を介してロータリーエンコーダ87に伝達したりするものであってもよい。

【0048】<第2の実施の形態>次に、本発明の第2の実施の形態を図8および図9を参照して説明する。

【0049】第1の実施の形態では、回転検出手段C1の出力信号が直列に設けられた2つの回転演算手段C2、C2'で処理されているが、これは回転演算手段の個数や構成を何ら限定するものではなく、回転検出手段の出力信号が有するリップル成分の特徴に合わせ、回転演算手段の個数や構成を変更してもなんら差し支えないものである。たとえば、レゾルバ15に代えてロータリーエンコーダ87を備えた回転検出手段C1'にあっては、レゾルバ15に起因する第2のリップル成分は存在しない。一方、たとえばカップリングで構成される回転伝達手段19にガタが存在するような場合には、回転電動機11のトルク方向に応じて調整位相が変動することになる。また、回転電動機11の負荷が軸心を歪ませる方向の外力を回転子回転軸13に作用させる場合には、負荷の大きさに従って回転子回転軸13の軸心とロータリーエンコーダ87の図示しない回転軸に直結する回転入力軸17の軸心にズレが生じてリップル成分の振幅が変動する場合もあり得る。このような場合には、トルク指令部67の出力の正負符号で調整位相値を変えることのできる位相調整部49"、および軸心を歪ませる方向の外力を検出しその大きさに補償用ゲインを変えることのできるゲイン調整部57"を備えた回転演算手段C2"を用いてもよい。図8および図9は、このような実施形態を示すものである。

【0050】回転演算手段C2"は、位相調整部49"と、ゲイン調整部57"と、トルク指令演算部67の出力を入力しその正負を判定する符号判定器89とを備えている。符号判定器89の出力は位相調整部49"に導入されており、これにより位相調整部49"はトルク指

令部67の出力の正負に基づいて正負それぞれ対応した所定の位相調整値を出力する。また、たとえば重力方向の外力が回転子回転軸13の軸心を歪ませる場合には、外力検出手段93の出力に基づいてゲイン調整部57"のゲインを増減し、当該ゲインは常に上述の第1のリップル成分の振幅に等しい値に調整される。外力検出手段93はベース29の四隅位置と図示していない床面との間に介在して重力方向の力に応じた電圧信号を出力する4つのロードセル91と、それぞれのロードセル91の出力から重力方向の外力を計算する外力演算手段95を備えており、外力演算手段95からは当該外力の演算結果が出力される。つまり、符号判定器89および外力検出手段93は回転検出装置1の動作環境がいかなるものであっても、式(8)における誤差 e_r をゼロに等しくさせるための手段として作用している。ここで、回転演算手段C2"中の周期数ゲイン乗算部51のゲインが1に設定されていることは言うまでもない。また、本実施の形態では、三角関数演算部C3"が位相調整部49"、周期数ゲイン乗算部51、加算器53および正弦演算部55によって構成されている。

【0051】<第3の実施の形態>本発明の第3の実施の形態を図10および図11を参照して説明する。

【0052】第1および第2の実施の形態では、回転検出手段(C1, C1')と回転演算手段(C2, C2', C2")が隣接し、それらが全体として回転検出装置1を構成していたが、これは回転検出手段と回転演算手段の距離および構成位置をなんら限定するものではなく、図10および図11に示すように、回転演算手段C2が速度制御装置39'や駆動装置43'に組み込まれていても良い。ここで、駆動装置43'では回転角情報が必要なため、回転演算手段C2の出力は積分器63'を介して点弧角制御部73に入力されている。また、回転演算手段C2'が用いられていないのは、回転伝達手段に起因する上述の第1のリップル成分が十分小さいためである。本実施の形態では、回転検出手段C1を回転電動機11に装着すれば良く、装置の取付けが簡単になるという利点がある。

【0053】<他の実施の形態>上記各実施の形態では、回転演算手段C2, C2', C2"はアナログ演算方式のものとして説明されているが、これはアナログ演算方式に限定されるものではなく、デジタル演算方式のものであってもよい。

【0054】また、上記各実施の形態では回転の検出対象が回転電動機であるとして説明したが、これは回転検出装置による検出対象をなんら限定するものではなく、回転体でさえあれば何でも良い。たとえば発電機であってもよいし、さらには可動子の直線移動距離を車輪を介してロータリーエンコーダで回転角に変換するリニアモータ等が検出対象であっても良い。

【0055】このほか、本発明の要旨を逸脱しない範囲

で種々変更可能である。

【0056】

【発明の効果】以上のように、本発明の回転検出装置によれば、回転検出手段自体に起因して出力信号に混入し得るリップル成分を大幅に低減することができるので、回転角検出手段が原因で発生する電動機や各種アクチュエータのトルクリップルを低減することができ、これらアクチュエータの制御性能を向上させることができる。

【0057】また、回転検出手段が原因で発生するトルクリップル成分を除去することができるので、他の要因で発生するトルクリップルの原因特定が容易になる。

【0058】さらに、簡単な演算で回転検出手段の出力リップルを低減することができるので、アクチュエータ駆動装置や制御装置の簡素化およびコストの低減化を達成することができる。

【0059】加えて、回転検出対象の回転速度に係わらずリップル成分を低減することができるので、回転検出装置の精度および信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の全体的な構造を示す斜視図。

【図2】第1の実施の形態における全体的な構成を示すブロック図。

【図3】第1の実施の形態における目標角速度と時間との関係を示すパターン図。

【図4】第1の実施の形態におけるトルク指令値と時間との関係を示すパターン図。

【図5】従来技術によるトルク指令値と時間との関係を示すパターン図。

【図6】第1の実施の形態における回転検出手段の変形例を示す斜視図。

【図7】第1の実施の形態における回転検出手段の他の変形例を示す斜視図。

【図8】本発明の第2の実施の形態の全体的な構造を示す斜視図。

【図9】第2の実施の形態における全体的な構成を示すブロック図。

【図10】本発明の第3の実施の形態の全体的な構造を示す斜視図。

【図11】第3の実施の形態における全体的な構成を示すブロック図。

【符号の説明】

C1, C1' 回転検出手段

C2, C2', C2" 回転演算手段

C3, C3', C3" 三角関数演算手段

1 回転検出装置

11 回転電動機

13 回転子回転軸

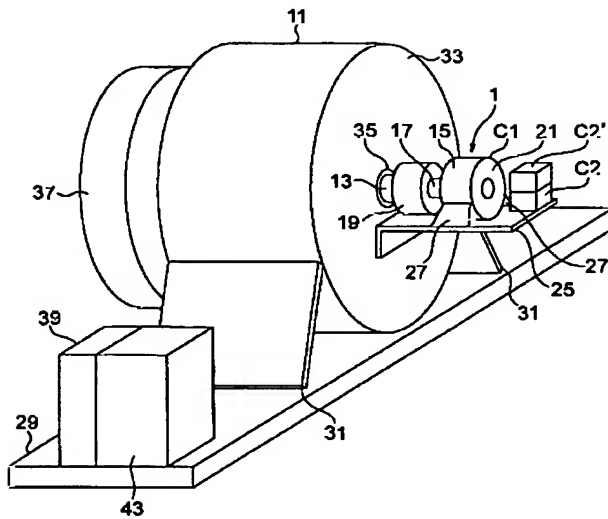
15 レゾルバ

17 回転入力軸

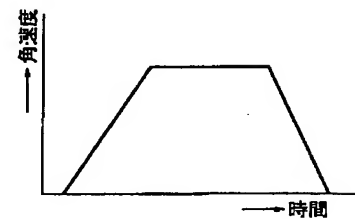
- 19 回転伝達手段
- 21 固定子
- 23, 23' 信号処理部
- 25 台板
- 27 支持部材
- 29 ベース
- 31 ストップ
- 33 固定子ハウジング
- 35 軸受け
- 37 プーリ
- 39, 39' 速度制御装置
- 41 三相交流電源
- 43, 43' 駆動装置
- 45, 45' 回転角検出部
- 47 角速度検出部
- 49, 49', 49'' 位相調整部
- 51 周期数ゲイン乗算部
- 53 加算器
- 55, 55' 正弦演算部
- 57, 57', 57'' ゲイン調整部

- 59, 59' 乗算器
- 61, 61' 減算器
- 63' 積分器
- 65 角速度目標パターン発生器
- 67 トルク指令演算部
- 69 コンバータ
- 71 インバータ
- 73 点弧角制御部
- 75 サイリスタ部
- 77 単相交流電源
- 79 縞模様
- 81 光学素子
- 83 光学式エンコーダ
- 85 ローラ
- 87 ロータリーエンコーダ
- 89 符号判定器
- 91 ロードセル
- 93 外力検出手段
- 95 外力演算手段

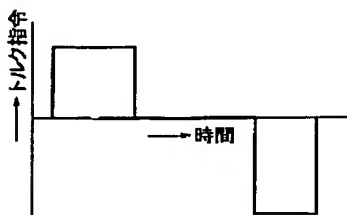
【図1】



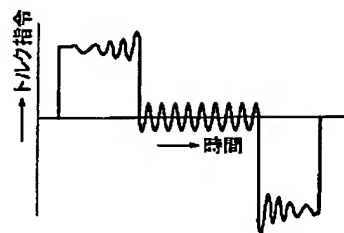
【図3】

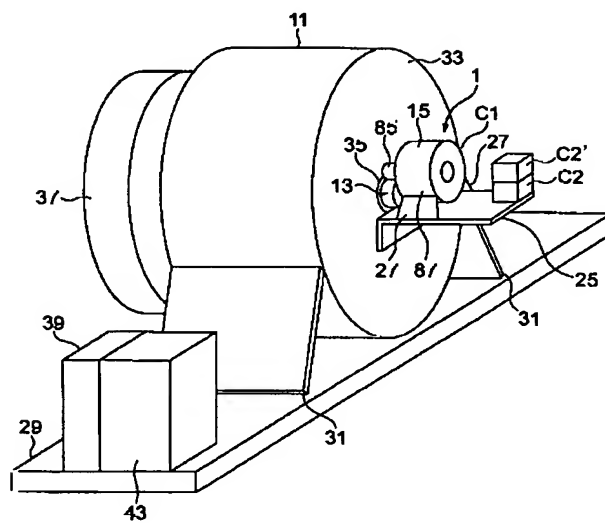


【図4】

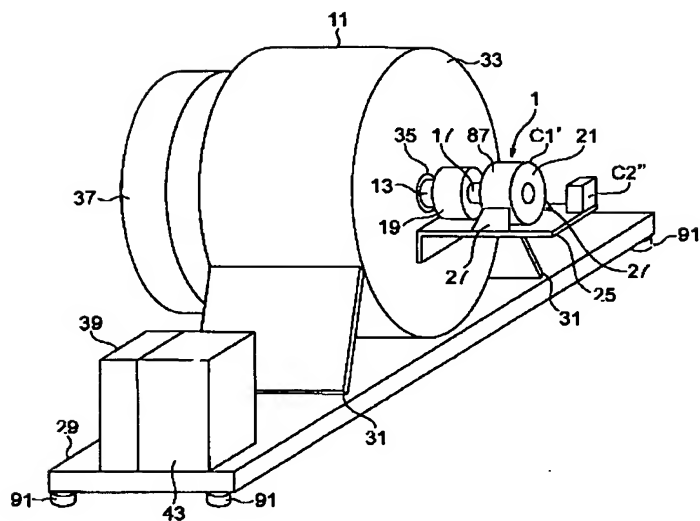


【図5】

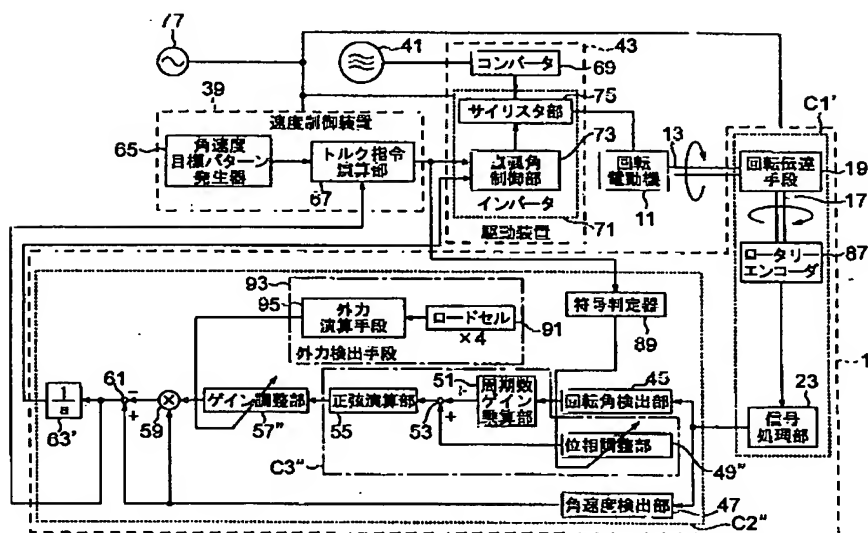




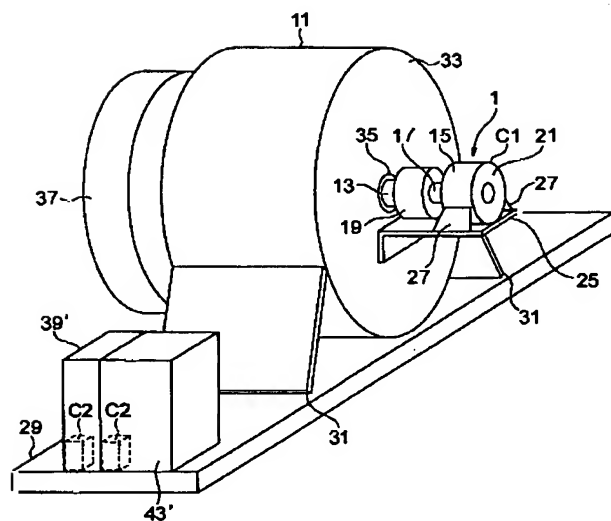
【図8】



【図9】



【図10】



【図 1 1】

